

Plita L.L., Shevchenko A.P., Urum N.S., Lisovskyi S.V.

ORGANIZATION OF WATCHKEEPING ON BOARD A SHIP AS AN INTEGRAL PART OF ITS SAFETY

The purpose of the article is to systematise the principles of ensuring safety of navigation, the principles of organisation of the underway navigation watch and the organisation of the bridge watch, the procedure for keeping watch on the bridge, the content of the master's standing orders and the night watch log, and the reasons for calling the master to the bridge. To achieve the aim of the study, the author analysed the relevant literature and identified the objectives and requirements for achieving the goals of the Code for the Management of Safe Operation of Ships. The article clearly shows the distribution of responsibilities of officials for the organisation of watchkeeping and its proper performance by ship's crew members, with special emphasis on the issue of watchkeeping. The article identifies the peculiarities of organising navigational and engine watch on the move and at berth and the principles of organising watch on the bridge. The options for the required number of navigators and the organisation of the underway navigation watch, in accordance with the prevailing circumstances of the watch, are considered. It is revealed that to increase the efficiency of the ship's crew and prevent accidents on ships, a set of officially established special actions of a complete nature (procedures) is introduced. It is revealed that the following procedures have been introduced into the practice of keeping a navigational watch: acceptance/delivery of the watch; observation; keeping track; determination of the vessel's position; divergence from an oncoming vessel. The elements of the procedure are detailed in the instructions. Checklists are used to control the correctness of the procedure. It is proved that this approach allows to guarantee the required quality and time indicators of all actions and to form a conscious attitude of the crew to the performance of their duties. The requirements of the master in the Masters Standing Orders and the content of written instructions to the watch officer to ensure the navigation safety of the vessel at night are briefly explained. The conditions under which the watch officer must immediately call the master to the bridge are identified. It is emphasised that the alarm schedule is the basis for organising the fight for the ship's survivability, according to which the responsibilities of all crew members are established and the general procedure for the watch is described. The main result of the study is a systematic approach and clarity in presenting the main provisions of the Code. Further research is aimed at comparing the measures taken to organise watchkeeping on a particular vessel and the level of safety achieved with the systemic principles set out in international and national documents.

Keywords: *watch, captain, watch assistant captain, navigation safety, bridge, procedure, order book.*

УДК 629.5.024.13

doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.09

Трофименко І.В., Трофименко А.О., Тришин В.В., Дорофєєва З.Я.

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ СУДНА ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ САПР НА РАННІХ СТАДІЯХ ПРОЕКТУВАННЯ

Метою статті є розробка пропозицій щодо оптимізації процесу проектування судна шляхом впровадження системи автоматизованого проектування для створення цифрової моделі на ранніх етапах проектування та виробництва, від концептуального проектування до експлуатації. Поставлена мета досягається шляхом аналізу проблем використання 2D

моделей та напрямків впровадження 3D моделей на всіх етапах проектування судна. У даній статті розглядається можливе рішення проблеми недостатньої ефективності на ранніх стадіях проектування, які до сих пір базуються на 2D кресленнях. Галузь потребує нового 3D-підходу, який включатиме зміну процедур та використання відповідного інструменту систем автоматизованого проектування для створення цифрової моделі на ранніх етапах проектування та виробництва, від концептуального проектування до експлуатації. Запропоновані пропозиції дозволять, наприклад, поліпшити визначення розташування відсіків і позиціонування обладнання за допомогою 3D моделей, удосконалити базовий етап проектування шляхом повторного використання даних, вже розроблених у загальній моделі судна, та визначити моделі у вигляді 3D-структури. Також можна провести ранню оцінку матеріалів, шкел і супутніх процесів і використати топологію для розгляду альтернатив проекту та отримання ранньої інформації про закупівлі та виготовлення матеріалів. Доведено, що для спрощення 3D-моделі можуть бути піддані процедурі ідеалізації всі структурні об'єкти, а саме усунення зазубрин, фасок, макроотворів з профілів; топологічне розширення поверхонь; зшивання поверхонь по лінії стику тощо. Найбільш суттєвим результатом є розробка пропозицій щодо оптимізації процесу проектування судна шляхом впровадження 3D моделей на ранніх етапах проектування і визначення переваг відповідного підходу. Для подальшого розвитку необхідно удосконалити 3D-моделювання в двох напрямках: по-перше, створювати чіткі та якісні моделі з можливістю їх оптимізації та спрощення для максимально ефективного використання; по-друге, розробити просте й адаптивне рішення для проектувальників, які зазвичай користуються 2D-інструментами для концептуального та базового проектування.

Ключові слова: система автоматизованого проектування, модель судна, схема проектування; етапи проектування, 3D модель, 2D модель

Постановка проблеми. Введення заходів щодо зниження витрат і часу, необхідних для створення нових суден, при збереженні або навіть поліпшенні їх якостей привели до змін в суднобудівній галузі, включаючи всі процеси: проектування, будівництво та управління суднобудівними проектами. При цьому саме на процес проектування найбільше впливають інші процеси, хоча всі вони спрямовані на досягнення однієї мети – зробити судно краще, швидше і дешевше. Традиційно безпосередньо процес проектування складається з ряду етапів, включаючи концептуальне (попереднє) проектування, базове проектування і робочий (детальний) проект, які послідовно виконуються в певному порядку, але зображуються у вигляді спіралі. Кожен етап має свої цілі і завдання і починається після затвердження попереднього етапу (рис. 1) [1, 2].

Однак вимоги щодо зниження вартості і часу створення нових суден призводять до того, що послідовне виконання етапів стало або неефективним або неможливим, а деякі етапи можуть починатися ще до завершення або затвердження попередніх. У зв'язку з цим традиційна спіральна схема була змінена на схему у вигляді серії концентричних кілець, де не завжди зрозуміло, де закінчується один етап, а починається наступний.

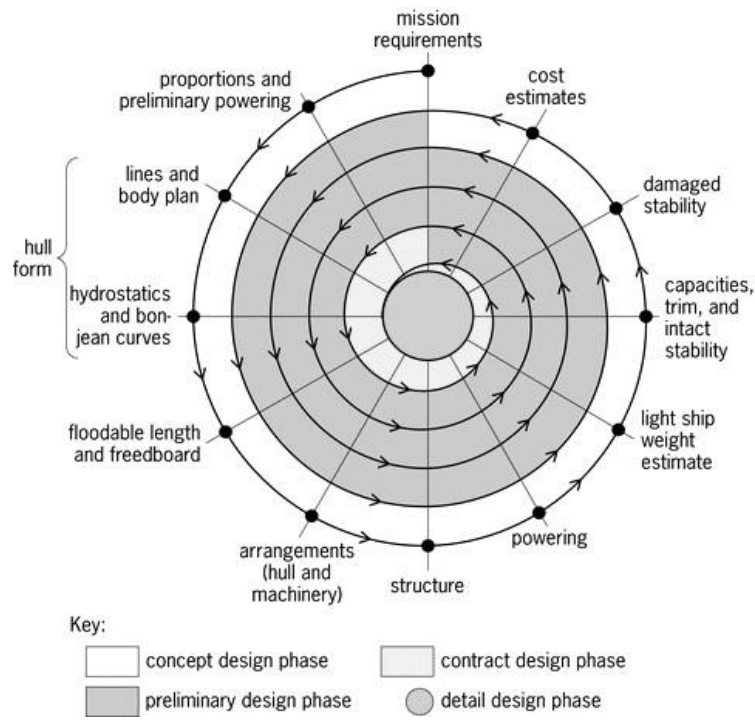


Рисунок 1 – Традиційна схема проектування судна у вигляді спірального процесу

Такий підхід до проектування, називається інтегрованим процесом проектування, він зараз є де-факто стандартом для суднобудування (рис. 2).

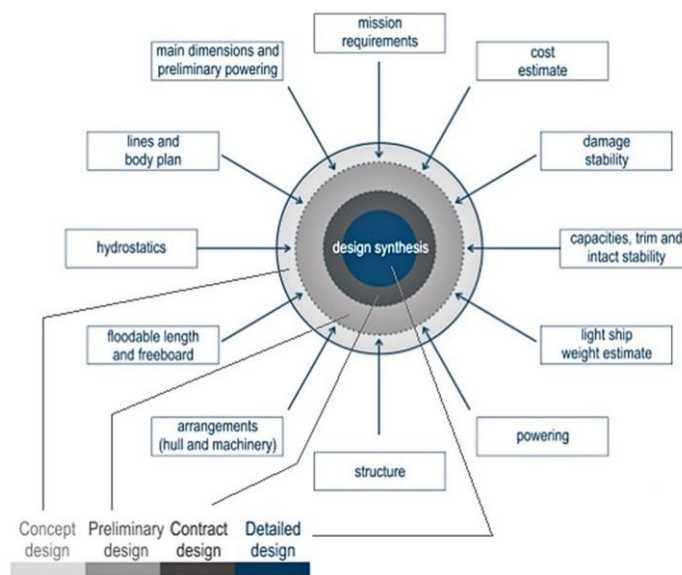


Рисунок 2 –Інтегрована схема проектування судна

Слід зазначити, що ранні рішення мають більш значні впливи, ніж прийняті пізніше, тому є доцільним підхід щодо використання аналогічних інструментів проектування для всіх етапів, щоб правильно та якісно оцінити успішність або неуспішність рішення після кожного з етапів.

Більшість конструкцій суден на теперішній час при концептуальному та базовому проектуванні засновані на 2D-інструментах та моделях. 3D-підхід на цих етапах зазвичай використовується тільки в довгострокових проектах через те, що помилки на етапі проектування можуть коштувати в подальшому дуже дорого. Хоча використання підходу 3D-проектування на ранніх етапах має явні переваги, його практичне впровадження залишається

досить проблематичним. У зв'язку з цим актуальним завданням розглядаються можливості використання САПР, орієнтованих на суднобудування, з урахуванням саме переваг 3D-проекування, включаючи як концептуальне, базове, так і детальне проєкування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження переваг використання ранніх 3D-моделей в суднобудуванні почалися багато десятиліть тому. На початку це був скоріше перспективний напрямок, ніж життєздатна альтернатива, адже інструменти того часу не були достатньо досконалими, щоб гарантувати успіх на початковому етапі проєкування [3, 4]. В результаті сьогодні більшість суднобудівників все ще використовують 2D-інструменти на етапі проєкування.

Разом з тим, в роботі [1] визначено, що суднобудівний процес є складним, ітераційним та багатограним, залежно від багатьох факторів. З метою задоволення потреб замовника, проєкувальник повинен розробити найбільш економічно ефективне судно з врахуванням міжнародних та національних норм та правил. Пошук найкращого компромісу в межах заданих параметрів є викликом для конструктора та системного інтегратора. У морському секторі, правила та норми щодо конструкції суден стають все більш жорсткими, з метою забезпечення безпеки та ефективної експлуатації. Крім того, інтеграція функціональних систем та обладнання на борту судна стає все більш складною. Використання програмного забезпечення для 2D та 3D-проєкування, моделювання та розрахунків може значно полегшити процес проєкування та зробити його більш успішним.

В роботі [5] розглянуто технологію Internet of Ships (IOS), яка використовується для поліпшення процесу суднобудування в найближчі роки. Визначено, що існує багато переваг використання САПР в суднобудівному середовищі: простота проєкування, швидкість будівництва, повторне використання інформації і т. д. Очікується, що в майбутньому інструменти САПР будуть просуватися далі і дозволять розширити управління інформацією та віртуальний доступ через розумні пристрої. Автори цієї роботи говорять про нову концепцію в суднобудуванні IoS, яка мала б глибокий вплив на проєкування та виробництво суден, з значною різноманітністю існуючих та потенційних застосувань.

В роботі [6] визначено, що на початковому етапі проєкування судна конструктивна модель корпусу, тобто 3D-модель конструкції корпусу, не генерується існуючою системою САПР суднобудування, оскільки вона трудомістка і вимагає великих зусиль. Без конструктивної моделі корпусу конструктор повинен вручну розрахувати інформацію про виробничий матеріал будівельного блоку, використовуючи 2D-креслення, дані базового судна та досвід проєкування на початкових етапах планування та проєкування. На початковому етапі аналізу конструкції корпусу конструктор вручну формує модель аналізу конструкцій, тобто скінченно-елементну модель конструкції корпусу. Більш того, модель трубопроводів, тобто 3D-модель труб в конструкції корпусу, формується незалежно від конструктивної моделі корпусу на стадії детального проєкування. Щоб полегшити навантаження, покладене на проєкувальника, запропоновано початкову систему моделювання конструкції корпусу. Використовуючи цю систему, конструктор може швидко і легко згенерувати конструктивну модель корпусу на початковому етапі проєкування. У цьому дослідженні розроблені методи генерації інформації виробничого матеріалу будівельного блоку, модель структурного аналізу, модель трубопроводів на основі структурної моделі корпусу.

В роботі [7] розроблена концепція та структура бібліотеки корабельних знань, яка підтримує швидке проєкування та моделювання судна, які були висунуті на основі досліджень щодо представлення знань компонентів конструкції корпусу та організаційного механізму в поєднанні з технологією цифрового проєкування та підходом до розробки проєкту судна. Визначено, що структура знань може бути використана для інкапсуляції функціональності цифрового проєкування структури корпусу та управління кореляційною інформацією за допомогою розподіленої бази даних. Потім був розроблений прототип програмного комплексу, що домігся швидкого проєкування і модифікації моделі 3D-структури, яка була продемонстрована за допомогою фактичної моделі судна.

Метою статті є розробка пропозицій щодо оптимізації процесу проєкування судна

шляхом впровадження САПР для створення цифрової моделі на ранніх етапах проектування та виробництва, від концептуального проектування до експлуатації.

Основні результати дослідження. Спочатку визначимо найважливіші аспекти, які необхідно врахувати для успішного застосування підходу 3D САПР на початкових етапах проектування:

1. База даних: зазвичай 3D САПР базується на електронній базі даних, яка надає єдину версію інформації протягом усього процесу проектування.

2. Топологія: можливість швидкої модифікації моделі досягається завдяки інструментам САПР, орієнтованим на топологію моделі. Це особливо важливо, якщо у ході еволюційної модифікації моделі використовується значний обсяг інформації.

3. Інтеграція: всі підсистеми в САПР повинні бути повністю інтегровані в загальну структуру. Тому, наприклад, перша 3D-модель збирається за допомогою інструменту, аналогічного тому, який використовується для детального етапу. Це дозволяє повторно використовувати дані і значно скорочує час і витрати в цілому на проектування судна.

Таким чином, відповідні розроблені рішення базуються на моделі, яка зберігає як геометрію, так і відповідні атрибути компонентів продукту в 3D-форматі. Цей підхід 3D-моделювання використовується для розробки проектних рішень щодо складових судна и судна в цілому, які є ключовими компонентами подальших інженерних робіт, і можуть бути використані як наочні посібники, так і для отримання даних для закупівлі та виробництва необхідних матеріалів.

Розробка ранньої 3D-моделі з використанням інструментів САПР покращує методи проектування судна і дозволяє швидше розглядати кілька варіантів проектування, що, в свою чергу, дозволяє зменшити пов'язані з цим витрати. Тобто переваги такого підходу можна пояснити скороченням часу проектування з поліпшенням конструктивних рішень зі зниження витрат. Це приносить фінансові переваги, враховуючи, що ранній етап проектування є найбільш витратним, і що оптимізація конструктивних рішень забезпечує високу якість при будівництві та експлуатації судна.

Оптимальне рішення в області систем автоматизованого проектування базується на інтеграції всіх стадій проектування і дисциплін з використанням єдиної бази даних, що забезпечує цілісність даних і можливість спільного інжинірингу. На 20-й Міжнародній конференції з комп'ютерних застосувань у суднобудуванні (ICCAS 2022) та 21-ій Міжнародній конференції з комп'ютерних та ІТ-додатків у морській галузі (COMPIIT'22) було відзначено зростаючий інтерес до співпраці з боку постачальників, суднобудівників, конструкторів та класифікаційних товариств [8 – 10].

Використання топологічної моделі замість геометричної спрощує визначення моделі, дозволяє швидше досліджувати кілька альтернативних конструкцій і спрощує загальні зміни на початку процесу проектування. Перевага онлайн-виявлення топології без зберігання геометричних даних полягає в тому, що, наприклад, зміни основних поверхонь корпусу автоматично відображаються в простій переробці. Топологічні моделі також менші за розміром, ніж геометричні, що зменшує розмір бази даних і зменшує необхідність менш ефективного маніпулювання геометрією при використанні потужних параметрів команд копіювання. При цьому можливе використання віртуальної реальності на ранніх етапах проектування через кількість необхідних деталей. Хоча впровадження системи віртуальної реальності може бути складним завданням, реалізація цієї пропозиції може значно покращити продуктивність та якість суднобудівних процесів.

Визначення одноразової 3D-версії, яка доступна кільком проектувальникам, що працюють одночасно, є ключовим компонентом на всіх рівнях моделей проекту. Використання інноваційного визначення деталізації проекту зверху вниз дозволяє відокремити окремі компоненти моделі. Поділ блоків спрощує прямий перехід від базового до детального проектування і дозволяє в подальшому використовувати атрибути і призначення деталей блокам на етапі виробництва, де використовується конфігурація моделі.

Перші кроки в базовому процесі проектування з використанням САПР включають ідентифікацію файлів форм, виконання гідростатичних обчислень, визначення обсягів, аналіз умов стійкості в неушкоджених і пошкоджених станах, а також розгляд додаткових понять, пов'язаних з архітектурою судна в цілому. У цьому процесі використовуються плити і профілі, зазначені в каталогах матеріалів. Для створення отворів у всіх поверхнях використовується модуль конструкції корпусу, який включає представлення основних поверхонь для плит і профілів. Інші ключові конструктивні елементи визначаються після створення форм корпусу, палуб, перегородок та інших поверхонь, таких як підлоги, полотна, балки, стрингери тощо. Зазвичай визначення ґрунтується на рамах і поздовжніх системах, що дозволяє провести повний перерахунок моделі в разі зміни відстані між елементами. Це можливо завдяки типовому визначенню каркасних і поздовжніх систем. Як правило, пластини та профілі розглядаються як об'єкти, що відображають поверхні, які мають спільні властивості. Через це їх габарити не відповідають виробничій практиці, і вони розглядаються на більш пізніх етапах проектування. Однак інші властивості, такі як безперервність і водостійкість поверхонь, можна визначити в будь-який момент.

З використанням САПР проектувальники мають значну свободу у визначенні моделі і можуть будувати плити і профілі на будь-якому етапі процесу. Однак, як і в 2D-проектванні, вони зазвичай дотримуються рекомендацій, починаючи зі специфікації безперервних елементів для забезпечення їх автоматичного поділу.

Для категоризації деталей, поряд з іншими пов'язаними функціями, використовується додатковий рівень деталізації (наприклад, на рис. 3 наведено повний 3D-вигляд судна з використанням САПР SmartMarine 3D).

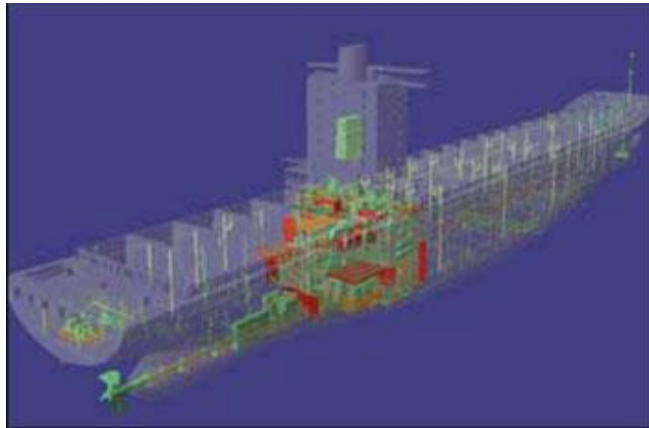


Рисунок 3 – Повний 3D-вигляд судна з використанням інструментів САПР

Одним з ключових етапів базової конструкції будь-якого судна є розрахунок конструкції. Для перевірки життєздатності і поліпшення конструкції судна проводиться інженерний аналіз з використанням методу скінченних елементів. Створення правильної моделі для розрахунків, застосування навантажень і обмежень, обробка, постобробка й аналіз вихідних даних – все це складні завдання, які необхідно виконувати на практиці.

Хоча моделі 3D зараз включені в стандартні формати для прямого імпорту в більшість програм, вони не можуть бути використані з моделями суден з суднобудівної промисловості через їх складність. Процес аналізу сповільнюється за рахунок використання обчислювально-орієнтованих методів для ефективного відтворення моделі, замість більш трудомісткого ручного спрощення моделі.

Ранні етапи проектування можна оптимізувати за допомогою 3D моделі судна, яка вже була розроблена в САПР для аналізу елементів судна. Це вимагає ефективного зв'язку між програмами, щоб модель судна, яка була спрощена та налаштована для кожного виду обчислень, могла бути експортована безпосередньо із САПР.

На теперішній час вже існують підходи з використанням додатків САПР в суднобудуванні для вирішення проблеми експорту більш простої моделі судна з використанням її топологічних властивостей. Це дозволяє отримати бажані результати. На рис. 4 наочно показаний взаємозв'язок між моделлю і топологічними властивостями. Щоб гарантувати високу якість переданої моделі, функціональні алгоритми в загальній САПР повинні забезпечити розробку базової моделі, оптимізувати її, відфільтрувати і видалити сторонні дані.

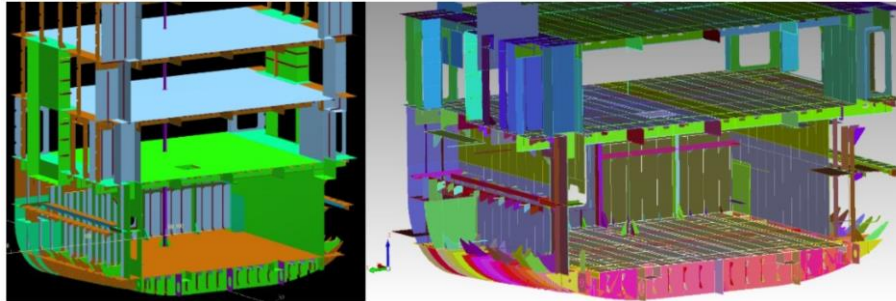


Рисунок 4 – Приклад взаємозв'язку між моделлю і топологічними властивостями в САПР

З практичної точки зору такий підхід повинен надавати багато функцій для проєктувальників, включаючи, наприклад:

- 1) автоматичне присвоєння кольорів профілям і матеріалам;
- 2) використання візуальних зображень кривих або поверхонь для профілів і т. д.

Для спрощення 3D-моделі всі структурні об'єкти можуть бути піддані процедурі ідеалізації відповідно, наприклад, до таких критеріїв:

- 1) усунення зазубрин, гребінців, філе і фасок із зовнішнього контуру для пластин;
- 2) усунення профілів розширення, гребінців, насічок, торцевих розрізів і макроотворів з профілів;
- 3) топологічне розширення поверхонь для плит і профілів;
- 4) зшивання поверхонь по лінії стику поверхонь і виділення плоских країв на фланцевих і гофрованих плитах;
- 5) зшиття полотна і фланця, коли поверхня визначає профіль;
- 6) поділ плит за допомогою ліній розмітки на окремих поверхнях тощо.

Крім того, використання єдиної 3D-моделі може спростити й автоматизувати трудомісткі завдання, такі як оцінка міцності і ваги конструкції, що, в свою чергу, може привести до стандартизації та оптимізації процесу планування структурної оптимізації.

Важливою особливістю програмних комплексів, створених для забезпечення комплексного рішення при проєктуванні і виготовленні суден, є можливість легкого переходу між різними стадіями проєктування, що дозволяє уникнути необхідності переробляти роботу і тим самим знижує ризик затримок. В рамках такого підходу, наприклад, САПР надає інструменти для поділу і з'єднання пластин і профілів як логічне продовження базової конструкції. Крім того, деякі атрибути, такі як визначені деталі, поля будівництва, скіс і коефіцієнт усадки, які не мають відношення до основних етапів проєктування, можуть бути включені і будуть необхідні на більш детальному етапі проєктування.

Перехід від концептуального (абстрактного) до базового (комплексного) проєктування також є переходом до більш конкретного та технологічного проєкту. При використанні всіх даних, наданих на концептуальних етапах, більшість концептуальних елементів, такі, наприклад, як структурна поведінка і вага, повинні бути перетворені в технологічні компоненти, додаючи деталі в міру необхідності. У цьому переході важливу роль відіграє поняття поділу, наприклад, технологічні перерізи профілю, отримані шляхом поділу великих поздовжніх планувань, успадковують конструктивні характеристики і мають відповідні

розщеплювальні якості, виходячи з кінцевих секцій. Від форми перегородок до вигнутих плит корпусу використовується ідея поділу для кожного типу елементів.

На рис. 5 наведена деталізація моделі, яка має як атрибути, так і геометрію (приклад наведено на базі моделі, розробленої з використанням САПР SmartMarine 3D). При детальному проектуванні ключовими стають властивості деталей, які не були важливі на концептуальних етапах. Для забезпечення плавного переходу використовуються інструменти для модифікації, перевірки та копіювання властивостей великих груп компонентів.

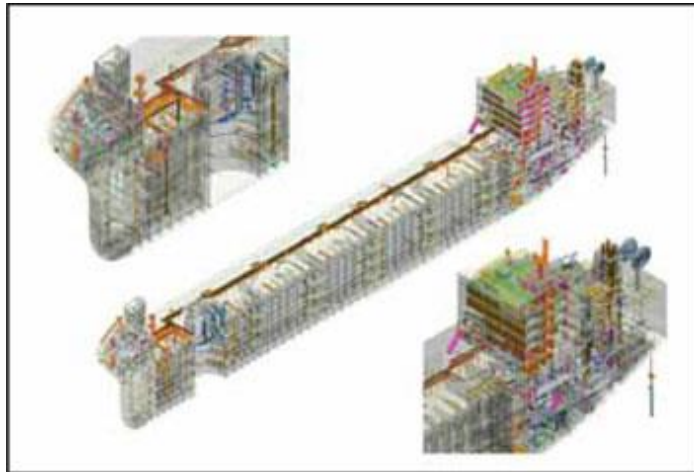


Рисунок 5 – Приклад взаємопов'язаних деталізованих 3D-моделей судна

При цьому, одним з ключових аспектів є поділ блоків судна між різними етапами проектування. Для автоматичного перерахунку деталей при оновленні блокових з'єднань мають бути передбачені спеціальні інструменти САПР. Так, наприклад, за допомогою графічного інструменту виділення компоненти можуть бути призначені відповідним одиницям в будь-який момент. Це важливий етап, на якому завершується детальне проектування, та визначаються розділи, не пов'язані з основним етапом проектування.

До переваг відповідного підходу можна віднести такі моменти:

- 1) швидке оцінювання різних варіантів проекту та автоматичне перерахування при зміні верхнього рівня;
- 2) використання 3D-моделі на початковому етапі проектування дозволяє приймати обґрунтовані рішення, засновані на фактах, а не на припущеннях, наприклад, на ранній оцінці матеріалу та ваги, включаючи фарбування та зварювання;
- 3) у порівнянні з двовимірною методологією меншою є ймовірність розбіжностей, оскільки кожен елемент моделі пов'язаний з іншими за допомогою певних якостей, що призводить до більш високої якості побудови в цілому;
- 4) легка інтеграція з інструментами розрахунку та аналізу завдяки загальній 3D-моделі, що спрощує процедуру проектування в цілому;
- 5) швидке встановлення найважливіших елементів судна, ваги та центрів ваги за рахунок найбільш значущого позиціонування обладнання;
- 6) плавний перехід до детального проектування на основі повторного використання даних, що скорочує час проектування в цілому;
- 7) більш точна конструкція завдяки використанню 3D-інструментів САПР;
- 8) можливість орієнтуватися в ранніх 3D-моделях для поліпшення маркетингових ініціатив або інтуїтивного управління процесом проектування.

Висновки. Таким чином, використання 3D-інструментів САПР підвищує точність проектування і знижує ймовірність помилок, в результаті чого поліпшується загальна якість конструкції. Також вони забезпечують швидке вивчення різних конструкцій і дозволяють заздалегідь визначити вагу, зварні шви, фарбування та інші характеристики матеріалів. Це

спрощує розташування обладнання та покращує дисциплінарну координацію, що, в свою чергу, покращує процеси детального проектування та повторного використання інформації.

Важливим проривом є інтеграція інструментів управління життєвим циклом продукту з різними САПР. Це може допомогти вирішити проблеми, пов'язані з відстеженням та управлінням процесами, конфігурацією, життєвим циклом продукту та контролем випуску. Запропоновані в роботі пропозиції мають істотні переваги тому, що дозволяють скоротити час і вартість проектування, що призводить до зниження вартості судна в цілому. Крім того, оптимізація процесу проектування та використання стійких матеріалів, наприклад, сприятиме оптимізації логістики закупівель та більш ефективному використанню ресурсів. В якості напрямків розвитку можна виділити такі: по-перше, для максимально ефективного використання переваг 3D-моделювання необхідно створювати чіткі, якісні моделі та знайти можливості для їх оптимізації та спрощення; по-друге, рішення повинно бути простим та адаптивним для проектувальників, які переважно використовують 2D-інструменти для концептуального та базового проектування. Тобто важливо мати дійсно корисний інструмент, який легко інтегрується в робочий процес.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dipl.-Ing. Ch. V., Kleppe R., M.Sc. Siv Randi Hjørungnes. Ship Design and System Integration. DMK. 2013. P. 13. URL: <https://www.researchgate.net>. (дата звернення: 15.05.2024)
2. Evans J.H. Basic Design Concepts. *A.S.N.E. Journal*. 1959. Vol. 71. P. 671–678. DOI: 10.1111/j.1559-3584.1959.tb01836.x.
3. Aarnio M. Early 3-D Ship Models Enables New Design Principles and Simulations. *COMPIT* : In Proceedings of the 1st International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, Potsdam, Germany, 29 March–2 April 2000. P. 5–17.
4. Garcia L., Fernandez V., Torroja J. The Role of CAD/CAE/CAM in engineering for production. *ICCAS'94* : In Proceedings of the 8th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, Bremen, Germany, 5–9 September 1994.
5. Internet of Ships: The Future Ahead / Guangwu Liu et al. *World Journal of Engineering and Technology*. 2016. Vol. 4, № 3D. DOI: 10.4236/wjet.2016.43D027.
6. Myung-II Roh. Improvement of ship design practice using a 3D CAD model of a hull structure. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2008. Vol. 24, Issue 1. P. 105-124. DOI: 10.1016/j.rcim.2006.07.004.
7. Yiting Zhan, Yujun Liu, Yanping Deng. Research on quick design support system for ship structure modelling. *International Shipbuilding Progress*. 2010. Vol. 57, №1–2. P. 1–13. DOI: 10.3233/ISP-2010-0060.
8. Gaspar H. Open and Collaborative Ship Design. *COMPIT'22* : In Proceedings of the 21st International Conference, Pontignano, Italy, 21–23 June 2022. P. 416–428.
9. Model-Based Approval—The Open Class 3D Exchange (OCX)? / O.C. Astrup et. al. *ICCAS* : In Proceedings of the 19th International conference on computer applications in shipbuilding, The Royal Institution of Naval Architects, Rotterdam, The Netherlands, 24–25 September 2019. P. 27–40.
10. Bitomsky J., Danetzky A. Zerbst C. OCX Revisited: The New Data Exchange Standard? *COMPIT'22* : In Proceedings of the 21st International Conference, Pontignano, Italy, 21–23 June 2022. P. 429–436.

REFERENCES

1. Dipl.-Ing. Ch. V., Kleppe R., M.Sc. Siv Randi Hjørungnes. (2013). *Ship Design and System Integration*. DMK, 13. URL: <https://www.researchgate.net> (accessed: 15.05.2024).
2. Evans, J.H. (1959). *Basic Design Concepts*. A.S.N.E. Journal, 71, 671–678. <https://doi.org/10.1111/j.1559-3584.1959.tb01836.x>

3. Aarnio, M. (2000). *Early 3-D Ship Models Enables New Design Principles and Simulations*. In COMPIT: Proceedings of the 1st International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries (pp. 5–17), Potsdam, Germany, 29 March–2 April 2000.
4. Garcia, L., Fernandez, V., & Torroja, J. (1994). *The Role of CAD/CAE/CAM in engineering for production*. In ICCAS'94: Proceedings of the 8th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, Bremen, Germany, 5–9 September 1994.
5. Liu, G. et al. (2016). *Internet of Ships: The Future Ahead*. World Journal of Engineering and Technology, 4(3D). <https://doi.org/10.4236/wjet.2016.43D027>
6. Roh, M.-I. (2008). *Improvement of ship design practice using a 3D CAD model of a hull structure*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 24(1), 105–124. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2006.07.004>
7. Zhan, Y., Liu, Y., & Deng, Y. (2010). *Research on quick design support system for ship structure modelling*. International Shipbuilding Progress, 57(1–2), 1–13. <https://doi.org/10.3233/ISP-2010-0060>
8. Gaspar, H. (2022). *Open and Collaborative Ship Design*. In COMPIT'22: Proceedings of the 21st International Conference (pp. 416–428), Pontignano, Italy, 21–23 June 2022.
9. Astrup, O.C. et al. (2019). *Model-Based Approval—The Open Class 3D Exchange (OCX)?* In ICCAS: Proceedings of the 19th International conference on computer applications in shipbuilding (pp. 27–40), The Royal Institution of Naval Architects, Rotterdam, The Netherlands, 24–25 September 2019.
10. Bitomsky, J., Danetzky, A., & Zerbst, C. (2022). *OCX Revisited: The New Data Exchange Standard?* In COMPIT'22: Proceedings of the 21st International Conference (pp. 429–436), Pontignano, Italy, 21–23 June 2022.

Trofymenko I.V., Trofymenko A.O., Tryshyn V.V., Dorofieieva Z.Ia.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR OPTIMIZATION OF THE SHIP DESIGN PROCESS BY IMPLEMENTING A CAD SYSTEM AT THE EARLY STAGES OF DESIGN

The purpose of the article is to develop proposals for optimising the ship design process by introducing a computer-aided design system for creating a digital model at the early stages of design and production, from conceptual design to operation. This goal is achieved by analysing the problems of using 2D models and the directions of implementing 3D models at all stages of ship design. This article discusses a possible solution to the problem of inefficiency in the early stages of design, which are still based on 2D drawings. The industry needs a new 3D approach, which will include changing procedures and using the appropriate CAD tool to create a digital model in the early stages of design and production, from conceptual design to operation. The proposed proposals will, for example, improve the determination of compartment layout and equipment positioning using 3D models, improve the basic design phase by reusing data already developed in the overall ship model, and define models as a 3D structure. It is also possible to perform an early assessment of materials, scales and related processes and use the topology to consider design alternatives and obtain early information on procurement and fabrication of materials. It is proved that to simplify the 3D model, all structural objects can be subjected to the idealisation procedure, namely the removal of notches, chamfers, macro-holes from profiles; topological expansion of surfaces; stitching of surfaces along the joint line, etc. The most significant result is the development of proposals for optimising the ship design process by introducing 3D models at the early stages of design and determining the benefits of the relevant approach. For further development, it is necessary to improve 3D modelling in two directions: first, to create clear and high-quality models with the possibility of optimising and simplifying them for the most efficient use; second, to develop a simple and adaptive solution for designers who usually use 2D tools for conceptual and basic design.

Keywords: computer-aided design system, ship model, design scheme; design stages, 3D model, 2D model